

微細加工技術による高感度熱センサーの開発
(Highly sensitive thermal sensor using microfabrication techniques)

小野 崇人
(東北大学大学院 工学研究科)

微細加工技術(補足1)の発展に伴い、各種の物理量センサーはサブ mm~ μm オーダまで小型化できるようになった。サーミスタや熱電対も小型化できるようになり、昨今では単一細胞の熱計測が可能になっている。センサーの小型化による高感度化は熱容量の低減に寄与するところが大きい。センサーが計測対象に対して大きいと、熱容量の違いから計測したい微小対象物の温度がセンサーの温度と同じになってしまい、適切に計測することができない。また、従来のバルク計測は $10^5\sim 10^6$ 個の集団細胞を対象としており、単一細胞の挙動が細胞群の信号に埋もれてしまうため、単一細胞熱計測でのみ観察できる現象を観察することも小型センサーの利点である。

高感度熱センサーとして代表的な共振型熱センサーを用いて、単一褐色脂肪細胞の熱計測を行った。共振型熱センサーは、センサー本体の温度変化に応じて共振周波数が変化する現象を用いており、共振周波数変化から温度変化を換算することができる。褐色脂肪細胞へノルエピネフリン(NE)刺激を行い、その前後での熱挙動を観察したところ、NE 刺激有りの状態でバルク計測と同様の緩やかで長時間の発熱が、また NE なしでも周期的にパルス状の発熱を行っていることがわかった。これらの単一細胞の熱計測を内外から行い、その結果を元に熱回路を計算することにより、いまだ明らかになっていない細胞内部の熱物性(特に熱抵抗や熱容量)を明らかにできることが期待される。

(補足1) 微細加工技術: 元々半導体作製技術として用いられていた加工方法で、感光性ポリマー・エッチング・成膜を組み合わせることで任意の構造体を積層させることで任意の構造体を作製することができる。

参考文献:

- ・Inomata N et al. *Appl. Phys. Lett.* 100: 154104 (2012)
- ・Inomata N et al. *Microsyst. Technol.* 23: 2873-2879 (2016)

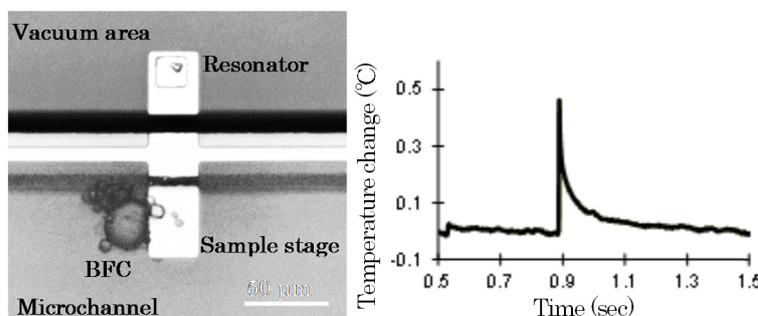


図1 センサーに付着した褐色脂肪細胞(左)とパルス状発熱(右)

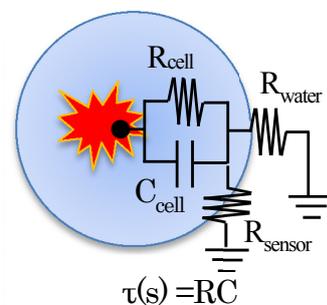


図2 細胞の熱力学モデル